

附录：空间距离和朋友网络的同群效应——来自小学随机实验的证据

吴 贾 刘 姝 周 翔

（一）座位调整前后的朋友网络变化

图 A1 选择了某一班级，绘制了座位调整前后的朋友网络的变化。左图表示座位调整前的网络结构，右图表示座位调整后的网络结构。图中的点表示学生，线条表示朋友关系。图中点越大表示这一学生被班内其它同学选择为朋友的次数越多。每一学生在左右两幅图的位置固定，因此通过点的大小和线的变化可以判断座位调整前后网络关系的变化。整体来看，点的大小在右图中更加均匀，说明随机座位安排使得朋友网络更加协调。从数据上来看，左图中共包含了 610 条朋友关系链，其中有 313 条关系链在实验后延续，并且新增了 273 条朋友关系链。也就是说，座位随机调整使学生间建立了新的朋友关系，也破坏了部分原有的朋友关系。

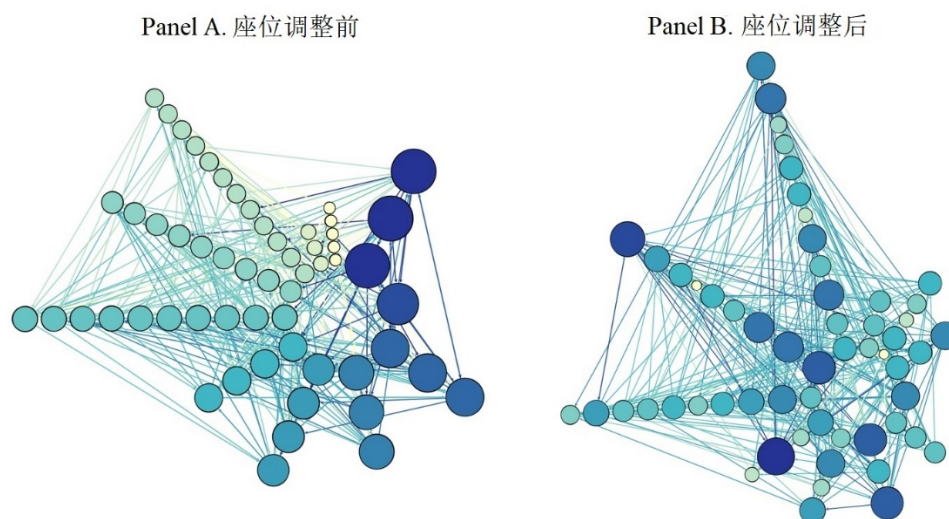


图 A1 座位调整前后的朋友网络变化

为了验证随机座位安排引起的距离改变是否能够引起朋友网络结构的变化，

对于一个有 N 个学生的班级，将这个班级内的学生按照两两配对形成 $N \times (N-1)/2$ 条观测数据，计算每两位学生之间的空间距离和网络距离。如果空间距离能够显著影响网络距离，则说明网络关系由于受到了空间距离改变而发生变化。按照这一思路，我们以两两学生之间的网络距离作为被解释变量，以两两学生之间的空间距离为解释变量，在控制身高组固定效应的情况下对 72 个班级中的每一个班级进行回归。我们发现学生之间的空间距离对网络距离有显著的正向影响，且有较高的估计精度（附录图 A2）。这说明随机位置安排能够引起网络关系的外生改变。估计系数为正则表明学生倾向于和座位距离较近的同伴成为朋友。

（二）朋友的选择

学生依据怎样的标准选择朋友？我们计算了个体特征与朋友平均特征的差异。图 A3 依据所有样本的数据给出了座位改变前后差异的分布图。图中虚线表示实验前个体特征与朋友平均特征的差异，实线表示实验后个体特征与朋友平均特征的差异。我们发现特征差异处于 0 值附近的概率更高，说明个体倾向于选择与自己特征相近的人作为朋友，这一发现与 Goldsmith-Pinkham 和 Imbens(2013) 的观点一致。另外，实线和虚线基本重合。结合图 A1 表明，虽然座位改变前后朋友关系有所改变，但实验前后朋友特征分布并没有出现明显的变化。这说明，个体选择朋友的标准存在高度的一致性。

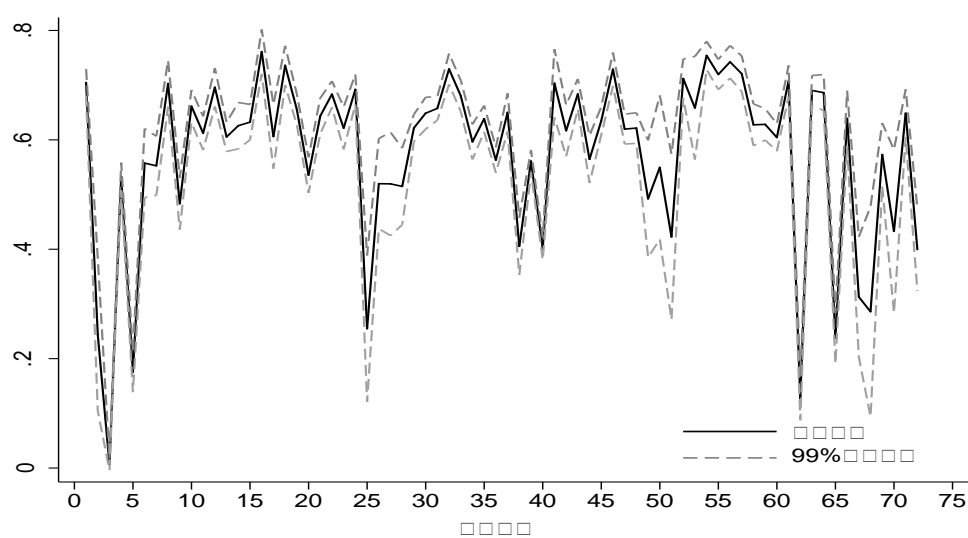


图 A2 空间距离对网络距离的影响

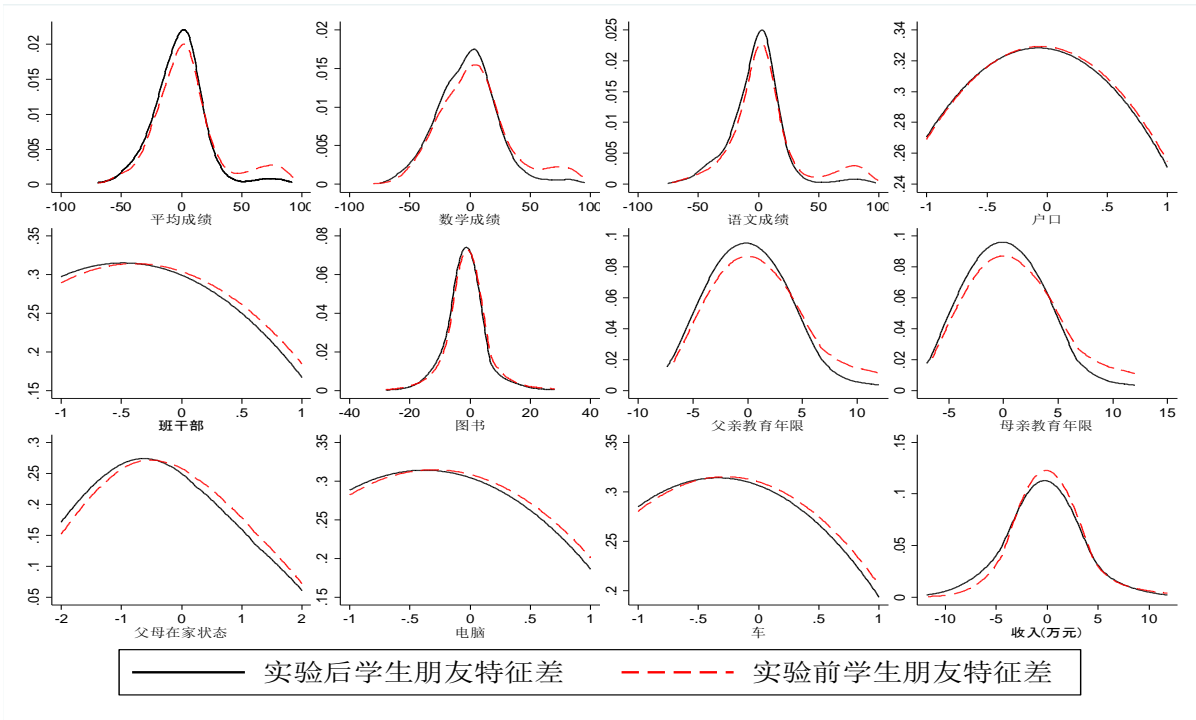


图 A3 学生朋友特征差

(三) 实验所在县的情况

总体来看，该县经济上落后所在省和全国水平，2016 年人均 GDP 为 13,887 元，低于所在省（46,382 元）和全国平均水平（53,935 元）。由于该县主要以农业生产为主，其经济水平更接近全国农村的经济平均发展水平（人均收入与中国农村家庭纯收入接近，2016 年该指标为 11,569.7）。从教育资源方面，该县小学入学率达到 100%，与湖南省和全国水平接近。从生师比来看，该县平均每位教师教 28.9 名学生，较高于湖南省（19.8）和全国平均水平（17.1）。

表 A1

实验所在县的经济和教育情况（2016 年）

	实验县	实验县所在省	全国
经济情况			
GDP（亿元）	154.47	31,551.37	743,585.5
人口（万人）	112.36	6822	138,271
人均 GDP（元）	13,887	46,382	53,935
人均可支配收入（元）	11,570	21,115	23,821
第一产业占比（%）	24.2	11.3	8.6
第二产业占比（%）	26.2	42.3	39.9
第三产业占比（%）	49.6	46.3	51.6
城市化率（%）	33.74	52.75	57.35
男女比	1.13	1.08	1.05
小学教育情况			
小学适龄儿童入学率（%）	100	99.99	99.99
小学在校人数（万人）	11.20	501.81	9,913.01
小学教师人数（万人）	0.39	25.37	579
小学数量（所）	181	8,272	177,633
小学生师比（%）	28.87	19.78	17.12
平均十万人口小学在校人数（人）	-	7,398	7,211

（四）考虑学生性别和朋友性别的研究结论

朋友关系对男孩和女孩也可能存在着不同的影响。表 A2 对男、女两个子样本分别估计。研究发现空间距离的同群效应不存在性别的差异：空间距离加权相对成绩对男孩和女孩平均成绩的影响分别为 0.13 和 0.15 个标准差，且至少在 10% 的水平上显著（对不同性别样本估计系数相等的 t 检验值表明，两者系数没有显著差异）。同时，朋友网络的同群效应在男孩和女孩中均存在。具体来讲，对男孩来讲，朋友相对自身成绩提高 1 个标准差，可以分别提高男孩语文和数学成绩 0.08 和 0.06 个标准差，结果至少在 10% 的水平上显著（第 2-3 列）；对女孩来讲，朋友相对自身成绩提高 1 个标准差，可以显著提升语文成绩 0.1 个标准差，但对女孩的数学成绩没有显著的影响（第 5-6 列）。总体来看，表 A2 结果显示，男孩和女孩均会受到周围朋友的影响，处于成绩更高的朋友网络中的男孩，语文和数学成绩均可以获得显著的提升；而对于女孩来讲，朋友成绩的提高仅对语文成绩有显著的影响。

表 A2 空间距离和网络关系对学习成绩的影响（考虑学生的性别）

	男孩			女孩		
	平均成绩	语文	数学	平均成绩	语文	数学
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
上学期期末成绩	1.064*** (19.430)	0.845*** (13.280)	1.085*** (16.764)	0.947*** (15.071)	0.778*** (11.284)	0.952*** (13.719)
空间距离加权相对成绩	0.134** (2.330)	-0.052 (-0.736)	0.242*** (3.237)	0.149* (1.725)	-0.099 (-1.418)	0.153* (1.969)
网络关系加权相对成绩	0.072*** (2.676)	0.075*** (2.689)	0.056* (1.676)	0.062*** (2.868)	0.102*** (3.251)	0.007 (0.287)
身高组固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
个体特征	控制	控制	控制	控制	控制	控制
家庭特征	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	2,140	2,140	2,140	1,635	1,635	1,635

说明：回归方程由式（7）定义，空间距离权重由式（6）定义，网络关系权重由式（8）定义，相对成绩为班级内除 i 以外的学生或 i 的朋友与 i 的成绩差。个体特征包括学生年龄、性别、身高、体重、户口、是否是班干部、兄弟姐妹个数和家庭藏书量；家庭特征包括父母教育年限、家庭收入和家中是否有电脑、是否有车。括号内为 t 检验值，标准误聚类至班级层面。* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$ ，下表同。

关于性别另外一个值得探讨的问题是，不同性别的朋友是否会产生差异性的影响？比如，如果学生更倾向于选择与自身同性别的人交朋友，那么相同性别朋友的影响可能会更大。为了探讨这一问题，我们对每一学生同性别的朋友进行了识别，研究同性别朋友加权相对成绩差的影响。表 A3 报告了回归结果。为了方便比较，表 A3 第 1 列重复报告了表 4 第 3 列的估计结果。第 2 列报告了同性别朋友的影响。结果显示同性别朋友的加权相对成绩差提高 1 个标准差，将提高学生平均成绩 0.09 个标准差，结果在 1% 的水平上显著，这一结果高于不区分性别时的 0.07 个标准差，侧面反映出同性别朋友的影响更大^①。当对男孩和女孩分别估计时，结果显示，女孩更容易受到同性朋友的影响（估计系数为 0.14，大于表 A2 第 4 列对女孩样本的估计系数 0.06）。相比较，男孩受到同性别朋友的影响较小（估计系数为 0.06，小于表 A2 第 1 列中对男孩样本的估计系数 0.07），即男孩更容易受到异性朋友的影响^②。

① 但对于其差异是否显著的 t 检验显示不能拒绝原假设，即不存在显著差异。

② 我们分别检验了男孩、女孩对于不同性别朋友的影响是否存在显著差异，结果显示具有显著差异。

表 A3 空间距离和网络关系对学习成绩的影响（考虑朋友的性别）

	平均成绩	平均成绩(同 性别朋友)	男孩平均成绩 (男性朋友)	女孩平均成绩 (女性朋友)
	(1)	(2)	(3)	(4)
上学期期末成绩	1.017*** (18.190)	1.018*** (18.184)	1.065*** (19.399)	0.950*** (15.206)
空间距离加权相对成绩	0.097* (1.649)	0.089* (1.733)	0.119* (1.961)	0.130* (1.709)
网络关系加权相对成绩	0.070*** (3.876)	0.091*** (3.687)	0.059* (1.962)	0.144*** (4.098)
身高组固定效应	控制	控制	控制	控制
个体特征	控制	控制	控制	控制
家庭特征	控制	控制	控制	控制
样本量	3,775	3,775	2,140	1,635

说明：回归方程由式（7）定义，空间距离权重由式（6）定义，网络关系权重由式（8）定义，相对成绩为班级内除 i 以外的学生或 i 的朋友与 i 的成绩差。同性别朋友指与个体 i 同性别的朋友。个体特征和家庭特征与表 A2 定义相同。

（五）稳健性检验

在上文的分析中，我们考虑了学生整个朋友网络中所有朋友的影响，即多层朋友关系。这种方法考虑了朋友关系的传递性，但也增加了系数解释的难度^①。为了解决这一问题，我们考虑较低维度的朋友关系：单层朋友关系（直接朋友）和双层朋友关系（间接朋友的影响）。比如，在只考虑直接朋友时，由于朋友的权重相同，系数的解释可理解为朋友的平均影响。表 A4 的 Panel A 报告了直接朋友的影响。第 1 列显示，当朋友相对自身成绩提高 1 个标准差时，将提高个体学习成绩 0.06 个标准差，结果在 1% 的水平上显著。相对于表 4 中考虑网络中所有朋友的影响时，估计系数接近（表 4 为 0.07），反映出权重的构建较好的调整了关系较远和关系较近的朋友的影响。第 2 列显示，在直接朋友中，追随者的影响为 0.036 个标准差，相互朋友的影响为 0.016 个标准差，结果均在 10% 以上的水平上显著，这说明追随者和相互朋友对个体学习成绩有显著的影响，这与表 6

① 比如朋友网络相对成绩的增加，可能是由关系较远的朋友成绩大幅度提高，或者关系较近的朋友成绩小幅度提高引起。

结论一致。第 3–4 列报告了直接朋友对男孩和女孩的影响，朋友平均相对成绩提高 1 个标准差将提高男孩平均成绩 0.06 个标准差，女孩平均成绩 0.05 个标准差。

表 A4 的 Panel B 考虑了直接朋友和间接朋友的影响，朋友的权重同样采用式（4）构建。Panel B 所得结论与 Panel A 较为一致。网络中朋友成绩的提高，对个体学习成绩产生正向的影响，朋友加权相对成绩提高 1 个标准差，将提高个体学习成绩 0.07 个标准差（第 1 列）。同样，只有追随者和相互朋友才产生朋友网络上的同群效应（第 2 列）。

表 A4 直接朋友、间接朋友对学习成绩的影响

	平均成绩 (1)	平均成绩 (2)	平均成绩（女） (3)	平均成绩（男） (4)
Panel A. 直接朋友（单层朋友关系）				
上学期期末成绩	1.014*** (17.977)	1.015*** (17.944)	0.946*** (15.334)	1.059*** (18.878)
空间距离加权相对成绩	0.108* (1.850)	0.111* (1.935)	0.063 (0.981)	0.141** (2.447)
网络关系加权相对成绩	0.060*** (4.260)		0.054*** (2.863)	0.062*** (3.146)
追随者相对成绩		0.036*** (3.534)		
领导者相对成绩		0.019 (1.596)		
相互朋友相对成绩		0.016* (1.732)		
Panel B. 直接朋友和间接朋友（单层和两层朋友关系）				
上学期期末成绩	1.015*** (17.980)	1.015*** (17.937)	0.947*** (15.343)	1.059*** (18.880)
空间距离加权相对成绩	0.101* (1.731)	0.109* (1.907)	0.058 (0.890)	0.132*** (2.309)
网络关系加权相对成绩	0.065*** (3.993)		0.055*** (2.753)	0.069*** (2.890)
追随者加权相对成绩		0.037*** (3.301)		
领导者加权相对成绩		0.012 (0.917)		
相互朋友加权相对成绩		0.020** (2.274)		
身高组固定效应	控制	控制	控制	控制
个体特征	控制	控制	控制	控制
家庭特征	控制	控制	控制	控制
样本量	3,775	3,775	2,140	1,635

说明：第 1、3 和 4 列的估计结果由估计方程式（7）估计得到，第 2 列结果由估计方程式（9）估计得到。Panel A 是对直接朋友进行分析，Panel B 考虑了直接朋友和间接朋友。空间距离权重由式（6）定义，网络关系权重由式（8）定义，相对成绩为班级除 i 以外的学生或 i 的朋友与 i 的成绩差。个体特征和家庭特征与表 A2 定义相同。